

**Univerzita Karlova v Praze**

**Přírodovědecká fakulta**

Studijní program: Geologie

Studijní obor: Geologie



**Lucie Kunstmüllerová**

Sedimentologie a tafonomie lokality Valeč, oligocén

*Sedimentology and taphonomy of the Valeč locality, oligocene.*

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Karel Martínek, PhD.

Konzultant: RNDr. Martin Mazuch, Ph.D.

Praha 2017

## Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala prof. RNDr. Zlatko Kvačkovi, DrSc., RNDr. Radku Mikuláši, DSc., RNDr. Petru Hradeckému, RNDr. Bedřichu Mlčochovi a Mgr. Vladislavu Rapprichovi, Ph.D. za jejich rady, uvedení do problematiky oblasti z pohledu jejich odbornosti a poskytnutí základní odborné literatury.

Dále děkuji prof. RNDr. Oldřichu Fejfarovi, DrSc., že si našel čas na naše setkání a podělil se se mnou o vědomosti získané dlouholetým studiem oblasti a okolních lokalit.

Speciální poděkování patří doc. RNDr. Jakubu Sakalovi, Ph.D. a RNDr. Borisi Ekrtovi za všechny svůj volný čas, který mě a tvorbě mé práce dobrovolně věnovali.

A samozřejmě mé největší poděkování patří Mgr. Karlu Martínkovi, Ph.D. a konzultantovi RNDr. Martinu Mazuchovi, Ph.D. za nesmírnou trpělivost, věnovaný čas, připomínky a rady při vytváření mé bakalářské práce.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 24. 8. 2017

Lucie Kunstmüllerová

Název práce: Sedimentologie a tafonomie lokality Valeč, oligocén

Autor: Lucie Kunstmüllerová

Katedra: Ústav geologie a paleontologie

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Karel Martínek PhD.

Konzultant: RNDr. Martin Mazuch, Ph.D.

Abstrakt: Práce podává rešeršní přehled o paleontologii a sedimentologii lokality Šibeniční vrch u Valče. Kromě slavného nálezu plcha *Bransatoglis micio* jsou z lokality popsány následující nálezy fauny: plž *Limnaeus subpalustris thomae*, kaprovité ryby *Varhostichthys brevis*, *Leuciscus coleii* a *Chondrostoma stephani* a štika *Esox walchanus* a flory: *Mahonia* sp., *Rumohra* sp., *Eotrigonobalanus furcinervis*, *Alnus rhenana*, *Quercus heerii*, *Platanus neptuni*, *Cinnamomum* sp., *Pinus ornata*, *Doliosrobis taxiformis*, *Podocarpus* sp. a *Tetraclinis salicornioides*. Nálezy naznačují, že by lokalita mohla náležet období po ochlazení nazývaném jako Grande Coupure – tzn. stáří kolem 34 milionů let (oligocén). Podle CA analýzy provedené na rostlinných zbytcích zde panovalo mírné podnebí, průměrné roční srážky vykazují nadprůměrné hodnoty a můžeme předpokládat humidní klima.

V rámci praktické části bakalářské práce byl na lokalitě zhotoven měřený profil, bylo vyčleněno 9 sedimentárních facií: masivní lapilovec s písčitou matrix (LM), lapilovec se šikmým zvrstvením (LSZ), lapilovec s jílovito-písčitou matrix (LJP), tuf (T), limonitizovaný tuf (TL), vápenec s nerovnou laminací (VLN), laminovaný vápenec (VL), mikritický vápenec s tufitickou příměsí (VT) a pyroklastický vápenec (VP). V období nízké aktivity blízkého vulkanického zdroje zodpovědného za tvorbu mocných souvrství masivních lapilovců se na lokalitě Valeč vytvořilo jezero. Díky alkalickému prostředí a zdroji Ca jsou všechny jezerní sedimenty tvořeny laminovanými vápenci. Ty v sobě citlivě archivují jak pulzy vulkanické aktivity ze vzdálenějších zdrojů, reprezentované cm polohami písčitých tufů, tak pravidelné střídání světlejších a tmavších lamin, zde interpretované jako odraz sezónních klimatických změn. Asi 2 m mocnou jezerní sukcesí ukončila opět masivní hrubozrnná napadávká lapilovce z blízkého zdroje. Lokality v blízkém okolí (zejména lokalita Dětaň a Dvěrce) byly s lokalitou Valeč v minulosti často studovány jako celek, přestože jejich vzájemný vztah nebyl dosud prokázán. Většina prací lokality považují za rozdílné facie stejné vulkanické fáze, objevují se však i názory zmiňující možnost odlišného stáří.

Title: Sedimentology and taphonomy of the Valeč locality, Oligocene.

Author: Lucie Kunstmüllerová

Department: Institute of geology and palaeontology

Supervisor: Mgr. Karel Martínek, PhD.

Consultant: RNDr. Martin Mazuch, Ph.D.

Abstract: The literature research part of this bachelors thesis is devoted to an complex overview of the palaeontology and sedimentology of the Valeč locality. The following taxa of fauna were described from the locality: dormouse *Bransatoglis micio*, gastropods *Limnaeus subpalustris thomae*, cyprinids *Varhostichthys brevis*, *Leuciscus colei* a *Chondrostoma stephani* and pikes *Esox walchanus*. Floral assemblage comprise *Mahonia* sp., *Rumohra* sp., *Eotrigonobalanus furcinervis*, *Almus rhenana*, *Quercus heerii*, *Platanus neptuni*, *Cinnamomum* sp., *Pinus ornata*, *Doliosstobus taxiformis*, *Podocarpus* sp. a *Tetraclinis salicornioides*. The findings indicate the age after Grande Coupure event which marks the approximate age of 34 Ma (Oligocene). According to the CA analysis of the floral remains the climate was moderate and humid.

The research part of the thesis included construction of the measured sedimentary section; the following sedimentary facies were distinguished: masive lapillistone with a sandy matrix (LM), cross bedded lapillistone (LSZ), lapillistone with clayey-sandy matrix (LJP), tuff (T), limonitized tuff (TL), limestone with uneven lamination (VLN), laminated limestone (VL), micritic limestone with tuffitic admixture (VT) and pyroclastic limestone (VP). In the time of volcanic calm in the area a lake was formed. Because of the alkaline environment and an abundancy of Ca ions, all of the lacustrine sediments are laminated limestones. Limestones preserve sedimentary record pulses of the TL volcanic activity from the more distant centres as well as of the seasonal climate changes. Approximately 2 metres thick succession of laminated lacustrine limestones was overlain by masive coarse-grained volcanic ash and lapilli fall from a nearby source. Surrounding localities Dětáň and Dvorce were often studied as a whole despite the fact that their correlation is still poorly understood. Most of the authors believe that they represent different facies of the same volcanic phase, however the theory of different age should be also taken in consideration.

# OBSAH

<b>ÚVOD .....</b>	<b>2</b>
<b>1. REGIONÁLNÍ GEOLOGIE.....</b>	<b>3</b>
<b>2. VULKANOLOGIE.....</b>	<b>4</b>
<b>3. PALEONTOLOGIE .....</b>	<b>5</b>
3.1. FAUNA .....	7
3.1.1. BEZOBRATLÍ.....	7
3.1.2. OBRATLOVCI .....	8
3.2. FLORA.....	11
3.3. PROSTŘEDÍ .....	12
3.4. STÁŘÍ.....	13
<b>4. SEDIMENTOLOGIE .....</b>	<b>14</b>
4.1. JEZERNÍ SEDIMENTY .....	14
4.1.1. JEZERNÍ VÁPENCE.....	14
4.1.2. JEZERNÍ SEDIMENTÁRNÍ STRUKTURY .....	15
4.1.3. JEZERNÍ SEDIMENTY VE VULKANOKLASTICKÉM PROSTŘEDÍ .....	17
4.2. METODIKA.....	19
4.3. MĚŘENÝ PROFIL .....	19
4.3.1. SEDIMENTÁRNÍ FACIE.....	20
4.4. INTERPRETACE .....	25
<b>5. ZÁVĚR .....</b>	<b>26</b>
 <b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	 <b>28</b>
 <b>PŘÍLOHY .....</b>	 <b>34</b>

## ÚVOD

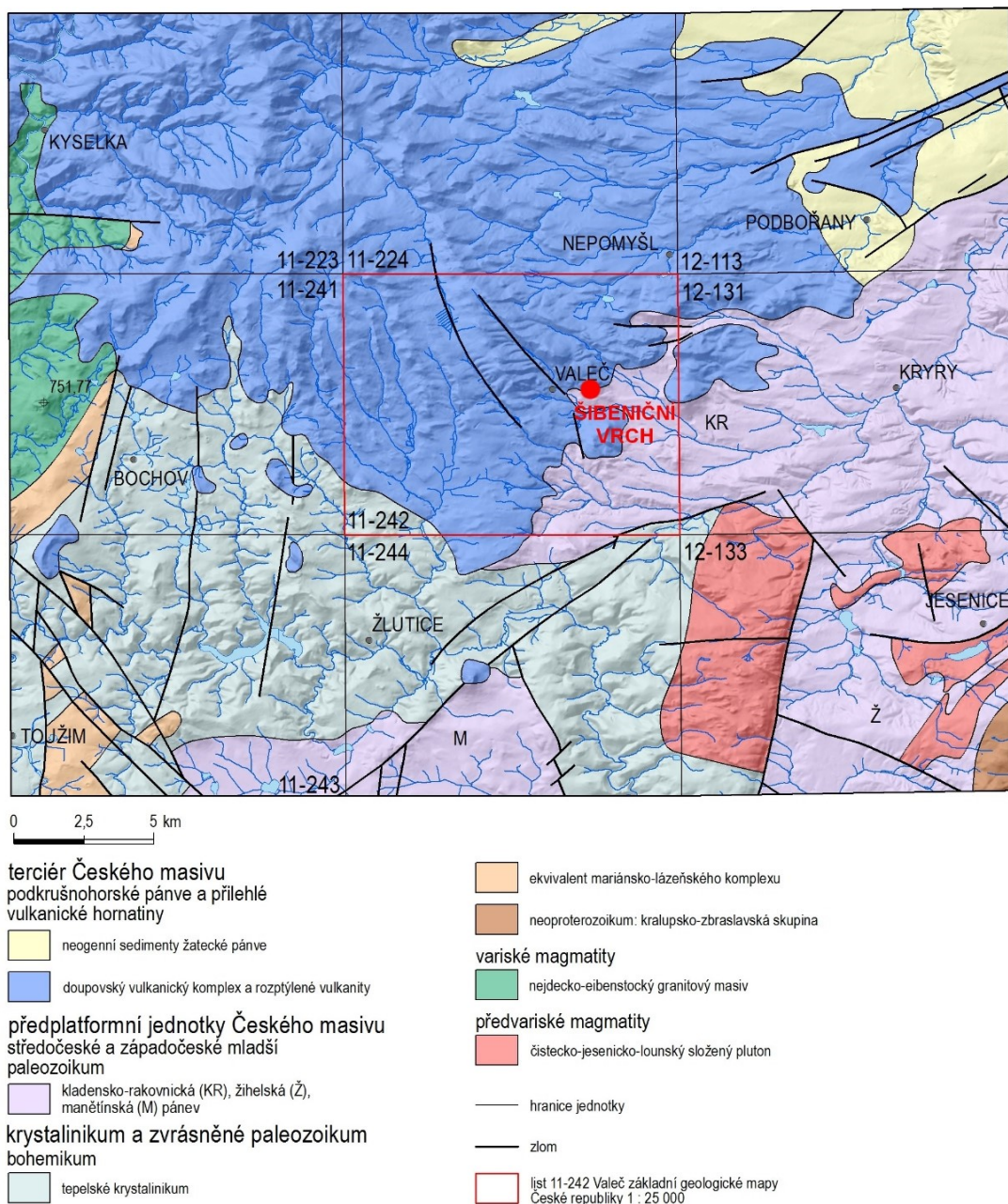
Lokalita Šibeniční vrch leží přibližně kilometr východně od obce Valeč, na samotném okraji vulkanického komplexu Doupovských hor. Mezi vrstvami lapilovce (*lapilli stone*) a tufu oligocenního stáří se na lokalitě nachází asi dva metry mocné těleso laminovaných jezerních vápenců. Vápence byly v minulosti zdrojem významných paleontologických nálezů, po stránce sedimentární však lokalita nebyla dosud podrobněji zkoumána.

Cílem této bakalářské práce je podat stručný přehled o pracích dosud provedených na lokalitě Šibeniční vrch u Valče a poskytnout základní srovnání s okolními významnými lokalitami, zejména lokalitou Dvěrce a Dětaň. Lokality byly v minulosti často studovány jako celek, přestože jejich vzájemný vztah nebyl dosud prokázán. Většina prací lokality považují za rozdílné facie stejné vulkanické fáze, objevují se však i názory zmiňující možnost odlišného stáří (např. Bůžek *et al.* 1990). V této práci jsou shrnuty současné poznatky a poskytnuta nová data pro interpretaci vzájemného vztahu lokalit.

Práce má teoretickou a praktickou část. Kapitoly 1 až 4.1 mají rešeršní charakter a obsahují zařazení lokality do regionálního kontextu společně se srovnáním dosavadních vulkanologických a paleontologických prací z lokality i z lokalit v blízkém okolí. V rámci teoretické části jsou rovněž popsány základní principy jezerní karbonátové sedimentace a její specifika ve vulkanickém prostředí. Od kapitoly 4.2 je prezentován i vlastní sedimentologický výzkum. Praktická část se zabývá změnami sedimentačního prostředí na lokalitě Šibeniční vrch u Valče, popisována je metodika terénní práce, zpracování výsledků a jejich interpretace.

## 1. REGIONÁLNÍ GEOLOGIE

Oblast Doupovských hor je tvořena vulkanickým komplexem vznikajícím v průběhu kenozoika v souvislosti se vznikem Ohářeckého riftu. Rift je tektonickou strukturou SV-JZ směru a jeho vznik a vývoj byl spojen s rozsáhlou vulkanickou aktivitou na území severovýchodních Čech (Hradecký 2012). Koncem eocénu a začátkem oligocénu docházelo v jeho okolí k tektonickým pohybům a rozlámání podloží, následkem čehož pronikalo magma z hlubinných zdrojů podél zlomů na povrch (Hradecký *et al.* 2016).



**Obrázek 1: Zjednodušené schéma geologické stavby v širším okolí mapového listu Valeč s vyznačenou lokalitou Šibeniční vrch u Valče. (Hradecký 2012)**



Z podloží vulkanického komplexu vystupují na jihu až východě permokarbonské terestrické sedimenty (Hradecký 2012), na východě vystupuje reliktní svrchnokřídových říčních a později mělkomořských pískovců (Svejkovský 2009). Naopak ze severu zasahuje do podloží vulkanitů Doupovských hor tzv. krušnohorské krystalinikum a směrem k jihu byly zjištěny slaběji metamorfované svory a fylity. Podloží centrální části komplexu tvoří horniny mariánsko-lázeňského komplexu, ty lze zároveň nalézt v podloží výše zmíněných prvohorních uloženin (Mlčoch 2016). Pod samotnou bází vulkanické série Doupovských hor spočívají sedimentární uloženiny oligocenního stáří, převážně písky a pískovce postižené intenzivním prokřemeněním vlivem tropického zvětrávání (Svejkovský 2009). Hojné silkrusty jsou ekvivalenty křemenců a pískovců starosedelského souvrství, tento vztah je palynologicky doložen. Jsou to jezerně-říční sedimenty, nesoucí známky resedimentace málo zpevněných kaolinizovaných permských pískovců (Hradecký 2012).

## 2. VULKANOLOGIE

Doupovské hory zastupují jednu z geologicky nejmladších oblastí na našem území. Sopečná činnost zde probíhala přibližně od konce eocénu do miocénu. Dřívější práce (např. Zartner 1938, Dvořák & Růžička 1972, Fejfar 1989, Chlupáč 2002) oblast interpretují jako stratovulkán, v současnosti existují data prokazující dvoufázovou vulkanickou aktivitu (Cajz *et al.* 2005) podporovanou z vícera dílčích center. Tato dílčí centra byla pro svou výraznou morfologii v lidské historii často strategicky využívána – známé jsou například hradní zříceniny Egerberg, Šumburk nebo Andělská hora (Hradecký & Rapprich 2016).

První fáze vulkanismu, probíhající na hranici eocénu a oligocénu se vyznačovala vulkanismem pliniovského až strombolského typu. Pliniovské erupce produkovaly tufy v podobě pyroklastických proudů (ignimbritů) a napadávek ukládaných až do značné vzdálenosti, naopak produkty strombolského vulkanismu lze charakterizovat jako povětšinou sypané kužely v blízkosti přírodních drah (Cajz *et al.* 2005). Zájmová lokalita Valeč i ostatní významné paleontologické lokality v okolí jsou tvořeny tufy a lapilovci náležící této fázi.

V mladší fázi, miocenní (někdy také popisované jako svrchonooligocenní až spodnomiocenní, např. Cajz *et al.* 2005) naopak kompaktní vulkanity silně převládají nad vulkanoklastiky. Obě období odděluje přibližně 15 milionů let (Mikuláš 2008) a mezi jednotlivými fázemi i mezi jednotlivými lávovými proudy byly krátké hiáty a období klidu (Hradecký *et al.* 2012).

Velmi sporným tématem je možný důkaz třetí vulkanické fáze – tzv. Jezerní pláň u Nepomyšle může reprezentovat zachovaný explozivní kráter (maar) vzniklý až během kvartérní vulkanické aktivity. Důkazy pro toto tvrzení jsou avšak velmi

nejednoznačné a současné interpretace tuto možnost většinou nezahrnují (Svejkovský 2009).

Největší dochovaná mocnost vulkanitů a pyroklastik je necelých 500 metrů, poměr jejich výskytu je přibližně 1:4 ve prospěch pyroklastik (Fejfar 2005). Některá pyroklastika byla usazená na místě jako napadávky, u některých došlo ke kontaktu s vodou a následnému vzniku laharových proudů (Hradecký 1996).

Celý vulkanický komplex byl po skončení miocénu intenzivně denudován. Díky selektivnímu zvětrávání tufů a odolnějšího nadložního bazaltu máme sice relativně dobře zachovaný původní paleoreliéf, jedná se ale stále o tektonicky aktivní oblast, kterou v nejbližším okolí protínají minimálně tři zlomy (obrázek 1) – na přítomnost dalších ukazují data z letecké magnetometrie (Skácelová 2012). Tektoniku oblasti potvrzuje i Hradecký (2009), v souvislosti se stabilitou štol ražených v přímém okolí zámku Valeč zmiňuje hustou síť puklin, která místy přechází do systému poklesových zlomů.

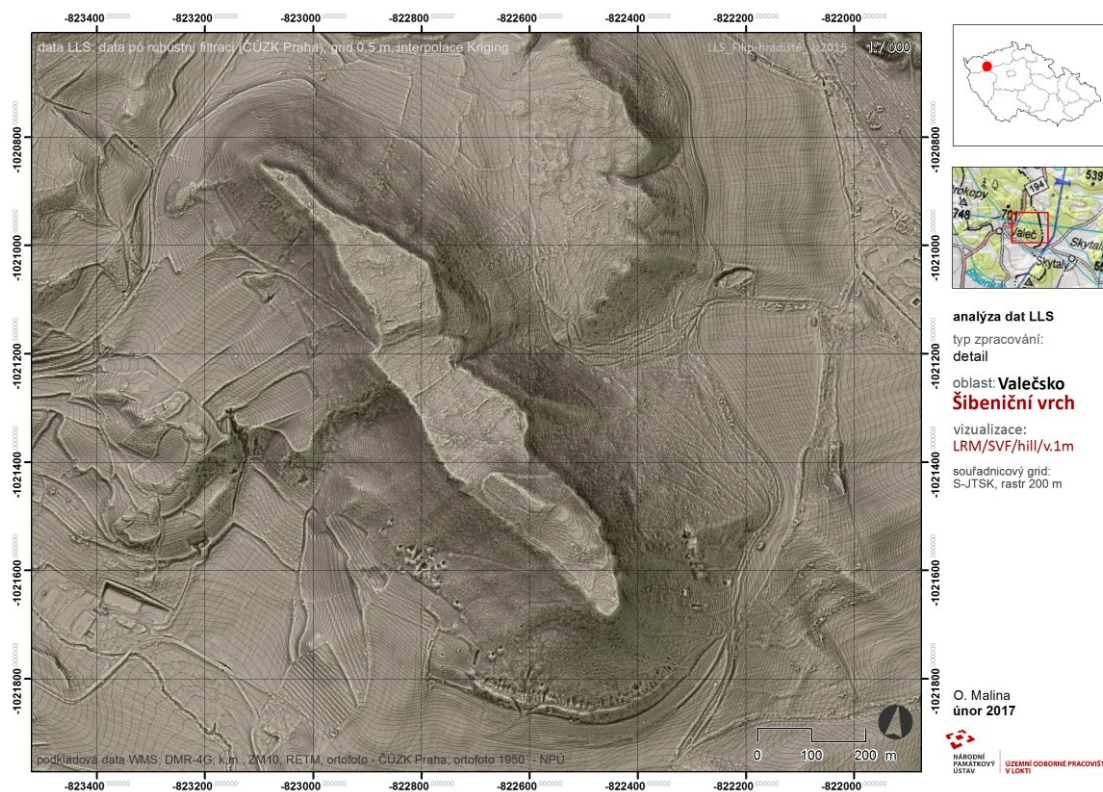
Nejenže je tak relativně těžké rekonstruovat vývoj komplexu, ale není ani lehké zkorelovat jednotlivé lokality vůči sobě. Dalším problémem při vzájemném porovnávání lokalit je přítomnost menších vulkanických center, které zatím nebyly podrobeny dostatečnému průzkumu.

### 3. PALEONTOLOGIE

Fosiliferní jsou na lokalitě Valeč jak pyroklastické napadávky, tak vrstvy světlého laminovaného vápence. Vápenec byl v minulosti těžen a na povrchu Šibeničního vrchu můžeme dodnes pozorovat pozůstatky této těžby, jsou také dobře patrné na leteckém laserovém digitálním modelu reliéfu oblasti (obrázek 2). Převážně na jižní straně vrchu jsou patrné propady po těžbě a lůmky. Vápenec je zdrojem významných paleontologických nálezů, z nichž nejznámější je tzv. „hlodavec z Valče“. Mimořádně zachovalou kostru drobného obratlovce poprvé zmínil G. F. Mylius ve svém díle Pamětihodnosti podzemního Saska (*Memorabilia Saxoniae Subterraneae*) již v roce 1718 (Fejfar & Kvaček 1993 podle Mylius 1718).

Kostra malého plcha byla pravděpodobně nalezena kolem roku 1690 (Fejfar 2008) při těžbě vápence na stavbě zámku Valeč, což z něj dělá jednu z nejstarších dochovaných zkamenělin savce. Pro svůj očividný terestrický původ se fosilie v průběhu 18. století proslavila jako „svědek biblické potopy“, později se jí dostalo pozornosti i takových vědců jako Georgese Cuviera, Alexandra von Humboldta nebo Johanna W. Goetha (Fejfar 2016). I Carl Linné kostru zmínil ve svém spise *Systema naturae* a označil ji „Wasserm Maus“, vodní myš (Svejkovský 2009). V průběhu osmdesátých a devadesátých let se o oblast na popud prof. Kopeckého velmi zajímal prof. Fejfar. Kromě série výkopů a první datací lomu na Dětaně se zasloužil i o revizi uložených vzorků a starých prací. Byl to on, kdo odpověděl

na téměř tři sta let trvající otázku o původu slavného nálezu a malou kostru určil jako plcha *Bransatoglis micio* (Fejfar & Storch 1994). V současnosti je „hlodavec z Valče“ uložen na německém zámku Waldenburg v Sasku, přibližně 50 km od českých hranic.



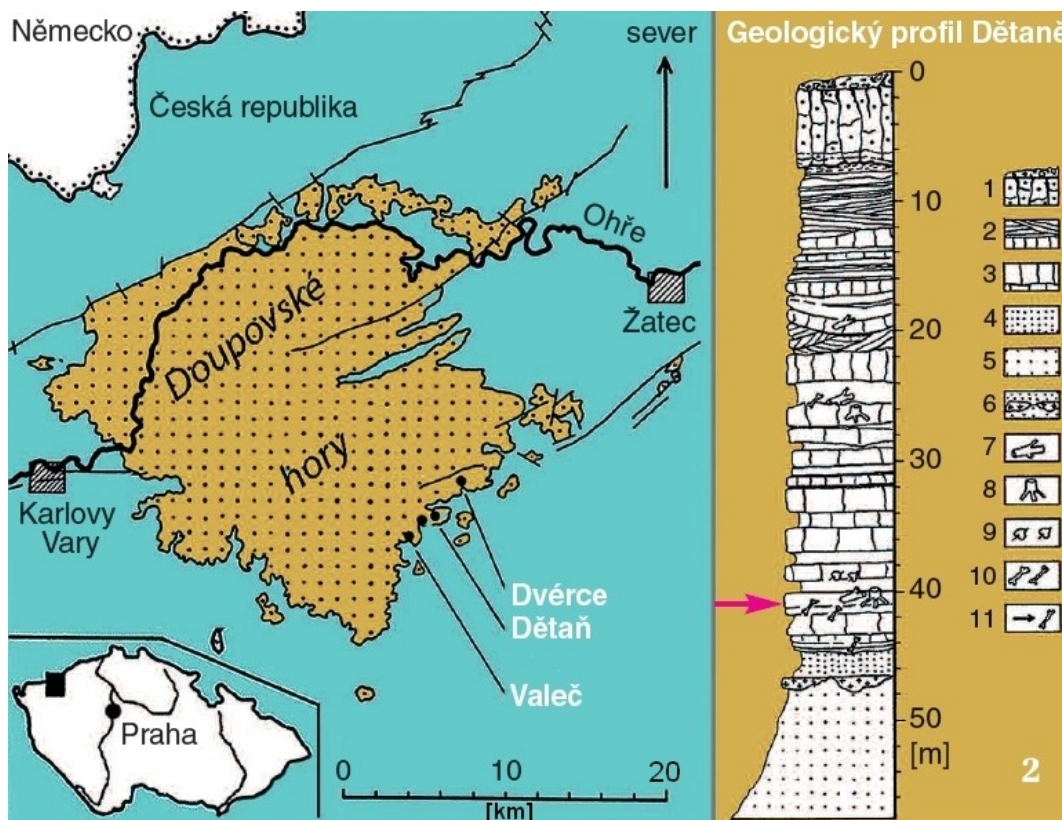
**Obrázek 2: Letecký laserový digitální model reliéfu okolí Šibeničního vrchu u Valče s jasně rozpoznatelnými stopami po těžbě na jižním úpatí. (Malina 2017, nepublikováno)**

Mimo tento slavný nález je z Valče popsáno například několik druhů ryb, zbytky drobných savců a větší hmyz (Fejfar & Kvaček 1993), ve vulkanoklastikách je pak možné rozpoznat polohy bohaté na zbytky rostlin – taková poloha je například přímo ve stropu štolý ve které byl v rámci této práce zpracován měřený sedimentární profil (viz kap. 4).

Nálezy z lokality jsou bohužel sporé, a ne vždy dostupné dalšímu studiu. Lokalitě se sice nikdy nedostalo většího zájmu ze strany sběratelů, nicméně téměř všechny lepší nálezy přešly do vlastnictví zahraničních institucí (uloženy jsou například na již zmíněném zámku Waldenburg v Sasku, v Národním muzeu ve Vídni nebo v Humboldtově Přírodovědném muzeu v Berlíně). Nálezy uchované v depozitáři Národního muzea v Horních Počernicích nejsou vždy správně určené a potřebovaly by projít důkladnou revizí. Velký problém je taktéž u vzorků, u kterých je sice místo nálezu uvedeno, ale zároveň s poznámkou, že lokalita původně uvedena nebyla, ale podle stylu zachování se usuzuje na Valeč. Zvláště vzhledem

k podobnosti hornin v celém vulkanickém komplexu se dá takový odhad považovat za nevypovídající.

Díky své jedinečnosti je lokalita známá nejen českým paleontologům, ale byla zmíněna i v několika významných zahraničních publikacích, mimo jiné například v Prothero & Berggren (1992).



**Obrázek 3:** Vlevo: Mapa vulkanického komplexu Doupovských hor s vyznačenými lokalitami zmíněnými v této práci. Vpravo: zjednodušené schéma geologického profilu kaolinového ložiska v Dětaně. (Fejfar 2011)

1 – lávový proud čedičové horniny, 2 – místy křížově zvrstvené šedé tuhy, 3 – lavice 5–20 cm mocných tuh, 4 – hnědé písky s příměsí tuh v těsném nadloží kaolinu, 5 – kaolin, 6 – mocné bloky pevných křemenců na povrchu kaolinu, 7 až 9 – vrstvy tuhy s paleobotanickými nálezy (zlomky dřeva, kořeny, vzácné listy), 10 – kosterní nálezy savců, 11 – nálezová vrstva dětaňské fauny (šipka).

### 3.1. FAUNA

#### 3.1.1. BEZOBRATLÍ

Nálezy bezobratlých jsou ze samotné lokality vzácné. Na rozdíl od okolních lokalit, kde se například plži relativně hojně nacházejí, je ve sbírkách Národního muzea v Horních Počernicích uložen jen jediný nález. Podle Kliky (1892) má však být vápenec bohatý na skořápky plže *Limnaeus subpalustris thomae*. Ve vápencích byla taktéž nalezena velká vážka (Chlupáč 2002). V souvislosti se vznikem této bakalářské práce byl ve

vápenné suti na jižním úpatí Šibeničního vrchu nalezen zatím neurčený otisk mlže.

Na lokalitě Dvěrce jsou nálezy bezobratlých dostupnější – hojně jsou vodní plži *Bythinella cyclothyra gracilis*, *Melanopsis boettgeri* (Procházka & Špinar 1952, Mikuláš 2008), *Limnaeus subpalustris thomae* (Klika 1892) či suchozemští plži rodů *Omphylotis* a *Parachlorea* (Mikuláš 2008). Ještě o něco rozmanitější je lokalita Višňovka, v literatuře také uváděna jako lokalita Kružínský vrch – kromě již zmíněných rodů *Bythinella*, *Melanopsis* a *Limnaeus* jsou z bývalého kaolinového dolu popsány taktéž rody *Planorbis* a *Helix* (Procházka & Špinar 1952).

Velmi zajímavé jsou však hlavně nálezy z bývalého lomu u Dětaně. Ve fosilních půdách uložených mezi vrstvami tufu byla objevena fosilní doupata blanokřídlého hmyzu. Jedná se o výlitky hnízd zemních vos. Nálezy byly učiněny pouze ve dvou horizontech, z nichž v obou se rovněž vyskytovaly kořenové stopy. Přes tři desítky odebraných vzorků byly později zařazeny do ichnorodu *Celliforma*, přičemž pět bylo určeno jako *Celliforma nuda*, zbytek s menší jistotou jako *Celliforma spirifer* (Mikuláš 1997; Mikuláš 2004). V roce 1999 navíc došlo v lomu Dětaň k objevu asi 1 m široké kotlovité prohlubně, vyplněné jemným černým materiálem. Tato deprese se nachází v jedné z nejmocnějších tufitických poloh, několik metrů nad hlavní fosiliferní polohou. Přestože prvotní interpretace předpokládaly antropogenní původ, o rok později prof. Madeleine Böhme interpretovala čočkovitý útvar jako prostor primárně vytvořený kořeny stromu, později využitý jako termitiště. Celá hmota je protkána tunely a chodbičkami a je možné v ní nalézt hojné zuby hlodavců, kosti drobných obojživelníků a schránky plžů (Mikuláš 2008). Přítomnost celého objektu termitiště dávala za pravdu teorii prof. Fejfara (2005, 2011) o přepracování kosterních pozůstatků termity v obdobích vulkanického klidu. Nicméně jak již bylo zmíněno dříve, lokality Valeč a Dětaň není zatím možné přesně zkorelovat a v souvislosti s lokalitou Valeč se tedy jedná spíše o zajímavost než o informaci potřebnou k rekonstrukci.

### **3.1.2. OBRATLOVCI**

#### **3.1.2.1. RYBY**

V jezerních vápencích na lokalitě byly nalezeny zbytky ryb, ukazující relativně rozvinuté rybí společenstvo. Mezi nálezy jsou kaprovité ryby *Varhostichthys brevis*, *Leuciscus coleii* a *Chondrostoma stephani* nebo štika *Esox walchanus* (Fejfar & Kvaček 1993, Böhme 2007). Přestože jsou větší nálezy v současnosti uloženy v zahraničí, všechny

zmíněné druhy jsou v alespoň jednom exempláři uloženy i ve sbírkách Národního muzea.

Rybí společenstvo by mohlo být nápomocné s relativní datací lokality Valeč. Hranice eocén/oligocén může korelovat s nástupem kaprovitých a štik. Lokálně bývá společenstvo rodů *Protothymallus*, *Varhostichthys*, *Palaeorutilus* a *Esox* spojováno s výskytem savčích zón MP21 nebo MP22. To by mohlo indikovat, že změny společenstev ryb jsou souběžné s událostí Grande Coupure, datované do období před přibližně 34 miliony let. Toto společenstvo by podle současných poznatků mohlo být typické pro celý spodní oligocén, ve svrchním oligocénu pouze mizí rod *Varhostichthys*. (Böhme 2007)

Menší, blíže nespecifikované zbytky ryb byly podle Fejfara (1987) nalezeny i na lokalitě Dvorce.

#### **3.1.2.2. OBOJŽIVELNÍCI**

Jediná zmínka o nálezů obojživelníků je z lokality Dvorce. Při intenzivním výplachu se údajně velmi zřídka daly objevit drobné kosterní zbytky (Fejfar 1987).

#### **3.1.2.3. PLAZI**

Přes relativní hojnost nálezů v okolí jsou jiné než savčí fosilie vzácné. Na samotné lokalitě Valeč byly v 90. letech profesorem Fejfarem objeveny dvě kosti lopatkového pletence blíže nespecifikované želvy, které jsou v současnosti uloženy v Národním muzeu.

Na lokalitě Dětaň byly nalezeny zbytky neupřesněného druhu hada a osteoderm menšího krokodýla. Ve vyšší části vulkanoklastického profilu bylo nalezeno několik plátů plastronu velké želvy rodu *Geochelone* (Fejfar 2005).

#### **3.1.2.4. SAVCI**

Přestože je lokalita Valeč proslavena právě díky nálezů kostry malého plcha *Bransatoglis micio*, nález zůstal až do roku 2017 ojedinělým. Při sbírání podkladů k této práci byl v nejnižší poloze měřeného profilu, přibližně dva metry pod první polohou jezerních vápenců, nalezena spodní čelist dosud neurčené šelmy. Nález byl uložen do sbírek Národního muzea v Horních Počernicích a je podroben dalšímu studiu (Ekrt 2017, ústní sdělení).



Z lokality Dvéřce máme spolehlivě určeny dva jedince sudokopytníků *Elomeryx woodi*. Kromě nich byly na lokalitě objeveny malé pozůstatky blíže nespecifikovaných drobných zástupců krtkovitých a rejskovitých (Fejfar 1987).

Spoustu nejasností ohledně původu a stáří vulkanického komplexu Doupovských hor pomohly vyjasnit nálezy z dnes již neaktivního (a zatopeného) kaolinového lomu u Dětaně. Díky soustavné práci profesora Fejfara (1987, 1993, 2005, 2011, 2016) máme v současnosti z lokality spolehlivě popsány tyto členy savčího společenství:

Řád vačnatci (Marsupialia):

*Amphiperatherium* sp.

Řád hmyzožravci (Insectivora):

cf. *Paratalpa* sp.

cf. *Neurogymnurus* sp.

*Quercysorex* sp.

Řád hlodavci (Rodentia):

*Suevosciurus ehingensis*

*Palaeosciurus* nov. sp.

*Plesispermophilus* cf. *atavus*

*Gliravus* sp.

*Albanocricetodon* sp.

*Eomys* cf. *zitteli*

*Bransatoglis micio*

cf. *Parasminthus* sp.

*Paracricetodon* cf. *dehmi*

*Eucricetodon* cf. *murinus*

*Pseudocricetodon montalbanensis*

Řád sudokopytníci (Artiodactyla):

*Gelocus laubei*

*Bachitherium* cf. *curtum*

*Lophiomneryx mouchelini*

*Paroxacron* sp.

*Propalaeochoerus* cf. *paronae*

*Pseudogelocus* sp.

*Entelodon antiquum*

*Anthracotherium cf. monsvialense*

*Elomeryx crispus*,

Řád lichokopytníci (Perissodactyla):

*Ronzotherium cf. filholi*.

Řád šelmy (Carnivora):

*Cephalogale* sp.

*Pseudocyonopsis cf. antiquus*.

Řád Deltatheridia:

*Hyaenodon* sp.

Podle prof. Fejfara (1987) je lokalita přiřazena k savčí zóně MP21 na základě výskytu křečkovitých druhů *Eucricetodon*, *Paracricetodon* a *Pseudocricetodon* společně s druhy *Eomys*, *Plesispermophilus*, *Palaeosciurus* a *Suevosciurus*, přítomností sudokopytníků *Pseudogelocus*, *Bachitherium*, *Lophiomeryx*, *Entelodon*, *Propalaeochoerus*, *Anthracotherium* a *Elomeryx* a lichokopytníka *Ronzotherium filholi*.

### 3.2. FLORA

Rozvoj terestrické flory v oblasti Doupovských hor byl v průběhu spodního oligocénu narušován častými spady vulkanického popele. Na lokalitě Dětaň se ve vrstvách bohatých na výskyt kořínků předpokládala přítomnost paleopůd, jejich podrobný průzkum však neprokázal žádný záznam probíhajícího pedogenetického procesu. Interval klidu tedy trvaly krátkou dobu – maximálně desítky let (Mikuláš *et al.* 2003). To dokládají i fosilní nálezy, které jsou tvořeny převážně mladým rostlinstvem.

Nálezy rostlinných zbytků patří na Valči k jednomu z nejčastějších, zbytky listů se dají nalézt jak v šedavém tuфу, tak ve světlých vápencích. Bohužel, i přes relativně velký počet nálezů zůstává společenstvo taxonomicky chudé. V současné době jsou z Valče popsány následující druhy (Bůžek *et al.* 1990, Kvaček *et al.* 2014, Kvaček & Sakala 2016):

Řád pryskyřníkotvaré (Ranunculales):

*Mahonia* sp.

Řád osladičotvaré (Polypodiales):

*Rumohra* sp.

Řád bukotvaré (Fagales)

*Eotrigonobalanus furcinervis*

*Almus rhenana*



*Quercus heerii*

Řád proteotvaré (Proteales)

*Platanus neptuni*

Řád vavřínotvaré (Laurales)

*Cinnamomum* sp.

Řád borovicotvaré (Pinales):

*Pinus ornata*

*Doliosrobis taxiformis*

*Podocarpus* sp.

*Tetraclinis salicornioides*

Toto rostlinné společenstvo může reprezentovat období po Grande Coupure, ale není možné to s jistotou určit (Bůžek *et al.* 1990).

Přestože lokalita Dvěrce je podle literatury taktéž bohatá na nálezy rostlin, systematicky se jim dosud nikdo nevěnoval. V důsledku toho máme taxonomicky popsané pouze dva následující nálezy:

Řád borovicotvaré (Pinales):

*Sequoioxylon* sp. (Sakala 2004 podle Prakash *et al.* 1971)

Řád bukotvaré (Fagales)

*Carya costata* (Kvaček & Sakala 2016)

### 3.3. PROSTŘEDÍ

Na území Českého masivu panovalo v průběhu mesozoika tropické klima, zapříčiňující mimo jiné intenzivní zvětrávání a kaolinizaci permokarbonských sedimentů (Mikuláš 2008). Po začátku paleogénu byla kaolinizace postupně nahrazena lateritizací, jejíž produkty jsou v současnosti rozpoznatelné jako celistvé polohy ve výchozech, v oblasti jsou také hojně využívány jako dekorační kámen (Svejkovský 2009).

Před přibližně 34 miliony let, na přelomu eocénu a oligocénu, došlo k pomalému globálnímu ochlazení spojenému s nástupem trvalého zalednění Antarktidy a s ním spojenému poklesu hladiny světového oceánu (Lear 2008). Samotnou hranici eocénu a oligocénu značí poslední výskyt planktonní foraminifery *Hankenina alabamensis* (Prothero 1994).

V průběhu eventu došlo k vyhynutí až 60 % (Prothero 1994) evropských endemitních druhů, které byly nahrazeny nově se objevujícími asijskými druhy a nástupem tzv. arkto-terciérních prvků flory. Současně došlo k vymizení řady teplomilných druhů fauny a flory (Fejfar 2011). Menší změny společenstev

stejného stáří jsou zaznamenány i z asijského, afrického a amerického kontinentu (např. Costa *et al.* 2011, Pearson *et al.* 2008), na území Severní Ameriky došlo přibližně ve stejném časovém intervalu k výměně až 90 % druhů měkkýšů z pobřežní roviny (Ivany *et al.* 2000). Tento event, označovaný (*La*) *Grande Coupure* nebo také jako Stehlinovo ochlazení, je dobře zdokumentovaný i na izotopech kyslíku  $^{18}\text{O}$  (Shackleton 1986).

Podle Fejfara (1993) se před prvními explozemi Doupovského vulkánu v oblasti rozkládala mělká průtočná jezírka obklopena příbřežním lesíkem tvořeným olšemi, jilmy a jinými listnatými stromy, doplněnými kapradinami a liánami. Toto prostředí bylo překryto první vrstvou vulkanoklastické napadávky a vytvořilo tzv. hlavní fosiliferní vrstvu, dříve odhalenou například na lokalitě Dětaň. S tím ovšem nesouhlasí Mikuláš (2016), který na základě přítomnosti komůrek solitérních včel usuzuje na suché prostředí s pouze občasnou vegetací. Podle Mikuláše (2008) můžeme teplé klima s rozsáhlými savanami a lesy při vodních plochách vedle otevírající se příkopové struktury a s tím spojeným vulkanismem přirovnat například k dnešnímu prostředí východní Afriky.

Představu o klimatu v oblasti pomohla upřesnit metoda „Coexistence Approach“ provedená na rostlinných nálezech z lokality Valeč. Výsledky ukazují na průměrnou roční teplotu 9,3 - 21,7 °C, průměrnou teplotu nejteplejšího měsíce 22,3 - 28,6 °C, průměrnou teplotu nejchladnějšího měsíce 2,7 - 13,6 °C a průměrné roční srážky mezi 979 a 1741 mm (Teodoridis & Kvaček 2015). Přestože teplotní rozpětí je velké (a při počtu taxonů z lokality je to pochopitelné), přesvědčivě dokazuje mírné podnebí, jen o něco teplejší než současné klima České republiky. Průměrné roční srážky vykazují nadprůměrné hodnoty a můžeme předpokládat humidní klima.

### 3.4. STÁŘÍ

Absolutní i relativní stáří lokality je poměrně těžké určit, samotná lokalita Valeč nebyla do současnosti nikým přesně datována. Data z okolních lokalit vykazují velmi rozdílné hodnoty, navíc díky komplikované geologii oblasti neumíme lokality přesně zkorelovat. Lom u nedaleké Dětaně byl metodou K/Ar datován na  $37,5 \pm 1,5$  miliony let (Fejfar 1987), tato datace však není ve shodě se zbytky savčí fauny odebranými ze stejné vrstvy jako biotitové krystaly, ani s paleontologickými nálezy z okolních lokalit Valeč a Dvěrce (Fejfar & Kvaček 1993). Naměřená nepřesnost pravděpodobně pramení z alterace biotitových krystalů, které byly odebírány z kaolinizované polohy.

Datace nadložních láv v lomu Vrbička je pravděpodobně přesnější a vyazuje stáří 32,6 milionů let (Mikuláš 2008), ani toto datování však

neodpovídá nejnovějším poznatkům, které lávy řadí až do pozdně oligocénní či dokonce mladší miocénní fáze (Cajz *et al.* 2005).

Z těsného podloží měřeného sedimentologického profilu na lokalitě Valeč (viz kap. 4) byly odebrány vzorky biotitu na K/Ar datování, jehož výsledky nebyly k datu odevzdání této práce zatím k dispozici.

Lokalita Dětaň je poměrně přesně biostratigraficky datována do počátku oligocénu. Rody savců dokládají, že společenstvo zde vzniklo až po významné migrační savčí události a globálním ochlazení označovaném jako „(La) Grande Coupure“ a lokalitu přiřazuje k savčím zónám MP21 nebo MP22. Do MP21 lokalitu s jistotou zařazuje sudokopytník *Entelodon antiquum* (Mikuláš 2008, Fejfar 1987). Podle Kvačka (1990) však není možné vztah ke Grande Coupure prokázat na floře z lokality Valeč.

## 4. SEDIMENTOLOGIE

### 4.1. JEZERNÍ SEDIMENTY

#### 4.1.1. JEZERNÍ VÁPENCE

Jezero je přírodní vodní nádrž na pevnině. Většina jezer je sladkovodních, v semiaridních nebo aridních oblastech však mohou mít i vodu slanou (Reeves 2014). Chemismus jezera je dán poměrem tří hlavních aniontů  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  a  $\text{Cl}^-$  a čtyř hlavních kationtů  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  a  $\text{K}^+$ , jejich vzájemná rovnováha je závislá hlavně na klimatu, geologickém podloží a činnosti organismů (Švehláková *et al.* 2006). Vyšší koncentrace organických kyselin a  $\text{H}_2\text{SO}_4$  způsobují nízké (kyselé) pH, zatímco zásadité prostředí je většinou spojeno s přítomností karbonátů. Pro usazení jezerních vápenců je potřeba zvýšená přítomnost  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{HCO}_3^-$  a pH vyšší než 7 (Reeves 2014).

Vápence jsou usazené horniny, jejichž hlavní složkou (zastupuje více než 50%) je uhličitán vápenatý ( $\text{CaCO}_3$ ) ve formě kalcitu nebo aragonitu. Kalcit může být zastoupen jako klastický materiál v podobě zrn, valounů a úlomků nebo může být bioklastického původu, vzniklý porušením schránek organismů, kosterních zbytků a jiných pevných částí organických těl, ve vápencových horninách je však nejčastěji zastoupen jako velmi jemný, biodetritický materiál a karbonát vysrážený z roztoků. Aragonit velmi snadno podléhá rekrystalizaci, proto je určení jeho původu složitější. Krystalizuje ve vápnatých bahnech, často tvoří oolity a bývá přítomen v organických schránkách živočichů – poměr jeho zastoupení vůči kalcitu je závislý na ekologických faktorech prostředí (Bathurst 1972).

Diagenese vápenců spočívá převážně v druhotné rekrytalizaci nejen samotné karbonátové složky, ale i některé cizorodé složky. Prvotní, většinou jemnozrnný kalový až bahnitý materiál se přeměňuje v pevnou a zřetelně zrnitou horninu, aragonit se rekrytalizuje na stálejší kalcit (Bathurst 1972).

Většina vápenců vzniká v mořském prostředí, vápence vznikají ve sladkovodním prostředí na kontinentech jsou značně odlišné. V terestrickém prostředí se vápence ukládají v pramenech minerálních vod, ve vodních tocích, v bažinách, jezerech nebo jako vápence vzniklé z podzemních vod (Petránek 2016).

Jezerní vápence se převážně objevují ve třech typech: jako tenké a často rozsáhlé čočkovité útvary, jako masivní polohy nebo v podobě travertinů. První dva druhy většinou zastupují příbřeží velkého jezera – jejich výskyt je zde podpořen obecně větší teplotou a zásaditějším pH. Travertiny jsou vázány na prameny a jejich poloha v jezeře je tedy vázaná na lokální systémy puklin a zlomů nebo litologická či hydrogeologická rozhraní (Reeves 2014).

Hlavními charakteristikami sedimentů vzniklých v jezerním prostředí jsou: specifická fauna, omezený plošný rozsah, pravidelně vyvinutá, zřetelná laminace (místy i šikmé nebo zvlňené zvrstvení), malá mocnost (několik metrů, maximálně desítek metrů), převaha pelitických sedimentů (jílů, slínů) nebo původně kalových sedimentů chemogenního původu (křídý, dolomitu) a zonálního rozmístění jednotlivých druhů uloženin (Cohen 2003).

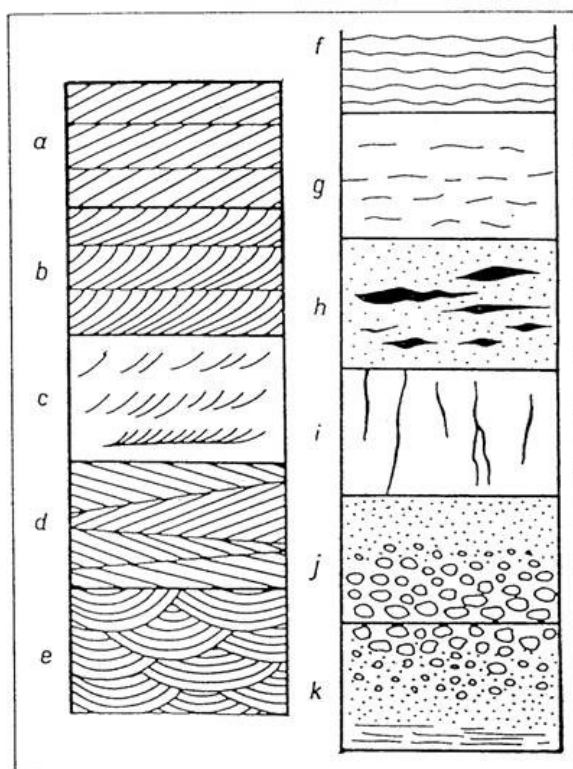
#### **4.1.2. JEZERNÍ SEDIMENTÁRNÍ STRUKTURY**

Sedimentace ve většině jezer probíhá klidně v nízkoenergetickém prostředí. Hlavním zdrojem materiálu pro sedimentaci jsou postupné vypadávání velmi malých částic z vodní suspenze přinášené pomalými proudy z hladiny. Sedimenty jsou většinou jemnozrnné, tenké laminované (rychlost ukládání je v poměru k době změny vnějších podmínek velmi pomalá) a většinou rovnoměrné a planární, s výjimkou pozdějších deformací. Může také docházet k intenzivní bioturbaci až do bodu, kdy původní laminace přestane být rozpoznatelná (Southard 2007).

Vrstevnatost (neboli stratifikace) je základní vlastnost horninových celků složených z vrstev. Je typická pro sedimenty, ale můžeme se s ní setkat i u jiných typů hornin (Petránek 2016). Vrstevnatost vzniká změnou sedimentačních podmínek v čase. Pokud je mocnost vrstev menší než 1 cm, mluvíme o laminaci (Southard 2007). Zvláště v jezerech nebo jiných mělkovodních pánvích je možné vrstevnatost spojit se sezónními změnami.

Výrazné oteplení v letních měsících podporuje rozvoj mikroorganismů, a tedy i sedimentaci jejich zbytků (Cohen 2003).

Zvrstvení (obrázek 4) je uspořádání sedimentárního materiálu uvnitř vrstvy. Při jezerní sedimentaci, typicky ze suspenze, v oblastech s minimálním prouděním, je nejběžnější horizontální zvrstvení. Dílčí vrstvičky (laminy) jsou paralelní s vrstevnatostí. Laminy mohou mít rozdílné složení, včetně proměnlivého množství zastoupených organických příměsí (Petránek 1963).



**Obrázek 4: Typy zvrstvení (Jaroš & Vachtl 1978)**

*a – šikmé planární, b, c – šikmé sbíhavé, d – šikmé, e – korytovité šikmé,  
f – horizontální, zvlňené, g – přerušované, h – čočkovité, i – nezřetelné, j – gradační  
(pozitivní), k – gradační (negativní)*

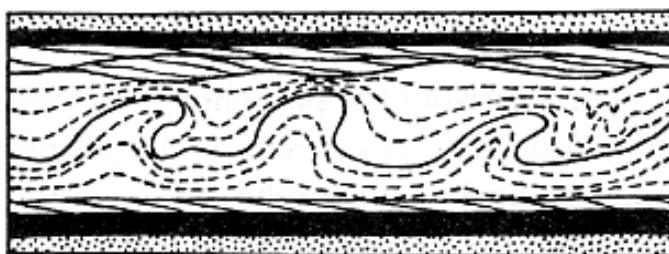
Při ukládání částic vodními proudy vzniká většinou šikmé zvrstvení. Výsledné laminy se sklánějí ve směru původního proudění. Působí-li proud stále ve stejném směru, zapadají jednotlivé laminy týmž směrem, pokud se však proud změní, může docházet i k ukládání lamin s protichůdným úklonem (Petránek 1963, 2016).

Zvlňené zvrstvení vzniká vlněním vody nebo v proudovém režimu. Pokud dochází k prostému vlnění bez proudění, výsledné laminy se

ukládají často symetricky, působí-li však zároveň mírné proudění, mají laminy asymetrický průběh (Petránek 1963).

Během ukládání stejnorodého, dobře vytrřiděného a přepracovaného materiálu se nemusí vytvářet žádné zvrstvení, protože litologický kontrast je minimální. Tzv. nezřetelné zvrstvení je typické pro mělkovodní sedimenty (Petránek 1963).

Při částečném ztekucení sedimentu vzniká deformací lamin tzv. konvolutní zvrstvení (obrázek 5) (Petránek 1963). Je typické pro tektonicky aktivní oblasti a její původ je často přičítán zemětřesení (Wang *et al.* 2014). Další možností vzniku je velmi silný proud, schopný narušit sediment do té míry, že začne docházet k smykům, případně rapidní nárůst sedimentace způsobující narušením hustotního gradientu a prudký únik vody z nepevných sedimentů (Törő & Pratt 2015).



Obrázek 5: Konvolutní zvrstvení (Petránek 2016)

V případech, kdy na jemnozrnější, jílovitý sediment nasedá sediment těžší a hrubozrnější může docházet ke vzniku vtisků. Na povrchu vrstev vznikají nepravidelné kapsovitě deprese vzniklé vtlačení a vniknutím materiálu z nadložní vrstvy do zvodnělé vrstvy spodní (Petránek 1968).

#### **4.1.3. JEZERNÍ SEDIMENTY VE VULKANOKLASTICKÉM PROSTŘEDÍ**

Jezera jsou běžným prvkem vyskytujícím se ve vulkanických oblastech. Jejich sedimenty mohou být velmi nápomocny při interpretaci vulkanismu, zároveň však často nespádají do žádných běžných lakustrinních faciálních prostředí a tím pádem může být velmi snadné sedimentární struktury vyhodnotit chybně. Samotný vznik jezera ve vulkanické oblasti může být přímo podmíněný vulkanickou erupcí, například rozpuštěním ledu uvolněným teplem nebo přímým přehrazením vodního zdroje vulkanickými produkty, ale může za svůj vznik vděčit i aktivní tektonice oblasti (White & Riggs 2001).

Obecně platí, že stratigrafický záznam vulkanické oblasti můžeme rozdělit na dvě části podle relativního období vzniku – synvulkanické, relativně rychle usazené produkty a produkty usazené během delších intervulkanických období (Smith 1991). Vulkanoklastický materiál je do jezer doručen převážně ve formě pyroklastických napadávek a proudů, případně za pomoci vodního a vzdušného transportu. Samotná sedimentace v jezeře je pak podmíněna vlněním a proudy vznikajícími díky rozdílným hustotám (Riggs *et al.* 2001). Intervulkanických období jsou charakterizována hlavně erozí nového materiálu, vzniklého předchozí vulkanickou aktivitou. Během intervulkanických období však může docházet i k sedimentaci, ovlivněné hlavně topografií terénu, typem podloží, klimatem a tektonickou aktivitou (Plint 2009).

Pyroklastické napadávky mohou mít výrazný vliv na fyzické i biologické pochody probíhající v okolí jezera. Hustota a skladba rostlinstva v oblasti se může změnit důsledkem „udušení“ rostlin tefrou, její agresivní abrazivní činností nebo ukládáním toxického vulkanogenního fluoridu (Hardardóttir *et al.* 2009). Sladkovodní rozsivky reagují na vulkanoklastické napadávky výrazným zvýšením produktivity, to je však pravděpodobně podmíněno navýšením obsahu oxidu křemičitého ( $\text{SiO}_2$ ) ve vodě (Lotter *et al.* 1995, Burwell 2003)

Vulkanické prostředí nemá přímý vliv na tvorbu limnických vápenců. Může však ovlivnit citlivou geochemickou rovnováhu jezera a ve výsledku tak vznik karbonátů narušit nebo naopak zvýšením alkalinity iniciovat. Například již zmíněné ovlivnění rostlinstva může vyústit až ke snížení pH. Při intenzivní fotosyntéze se odčerpává oxid uhličitý, dochází k narušení uhličitanovápenaté rovnováhy a hodnota pH se posouvá do alkalické oblasti – při nedostatku fotosyntetizujícího rostlinstva automaticky dochází k efektu opačnému (Švehláková *et al.* 2006). Naproti tomu snadno rozpustné vulkanické produkty mohou zvýšit alkalinitu vody a spustit karbonátovou precipitaci (Cohen 2003).

Pozitivní vliv na tvorbu vápenců ve vulkanické oblasti může mít také zvýšená teplota. Jezera ve vulkanických oblastech mohou být ovlivněna zvýšeným termodynamickým tokem, podle Sigurdssona (1999) bylo u přibližně 40 vulkanických jezer na světě zaznamenáno, že voda v jezeře mívá i vyšší teplotu než je teplota okolního vzduchu. Zvýšená teplota vody má za následek uvolnění  $\text{CO}_2$  zpět do atmosféry a s tím související rychlejší vysrážení karbonátů (Southard 2007).

## 4.2. METODIKA

Data pro tuto práci byla sesbírána během dvou výjezdů, 20.10.2016 a 28.3.2017 v prostoru štol u jv. úpatí Šibeničního vrchu, cca 1 kilometr východně od obce Valeč. Oblast odpovídá samotnému okraji vulkanického komplexu Doupovských hor (viz obr. 6). Štola má souřadnice GPS 50°10'28,841"S, 13°16'14,700"V (WGS84) a její vznik se zřejmě datuje do 16. století.

Během prvního výjezdu byl zhotoven detailní měřený profil téměř 7 m mocný a výchoz byl rozdělen do 19 horizontálních poloh, z nichž byly odebrány nejdůležitější vzorky. Profil byl později zakreslen a zdigitalizován v programu Corel Draw Graphics Suite 2017 ve verzi 19.0.

Při druhém výjezdu byly odebrány zbylé vzorky z profilu a krystaly biotu pro budoucí datování z první polohy. Z téže polohy (na profilu přibližně první decimetr) byla odebrána čelist zatím blíže nespecifikované šelmy. Lokalita byla během výjezdu také porovnána s horninovým prostředím na blízkých lokalitách Dětaň a Višňovka. Byla provedena faciální analýza, budoucí studium bude zaměřeno na petrologii a paleoenvironmentální geochemii.

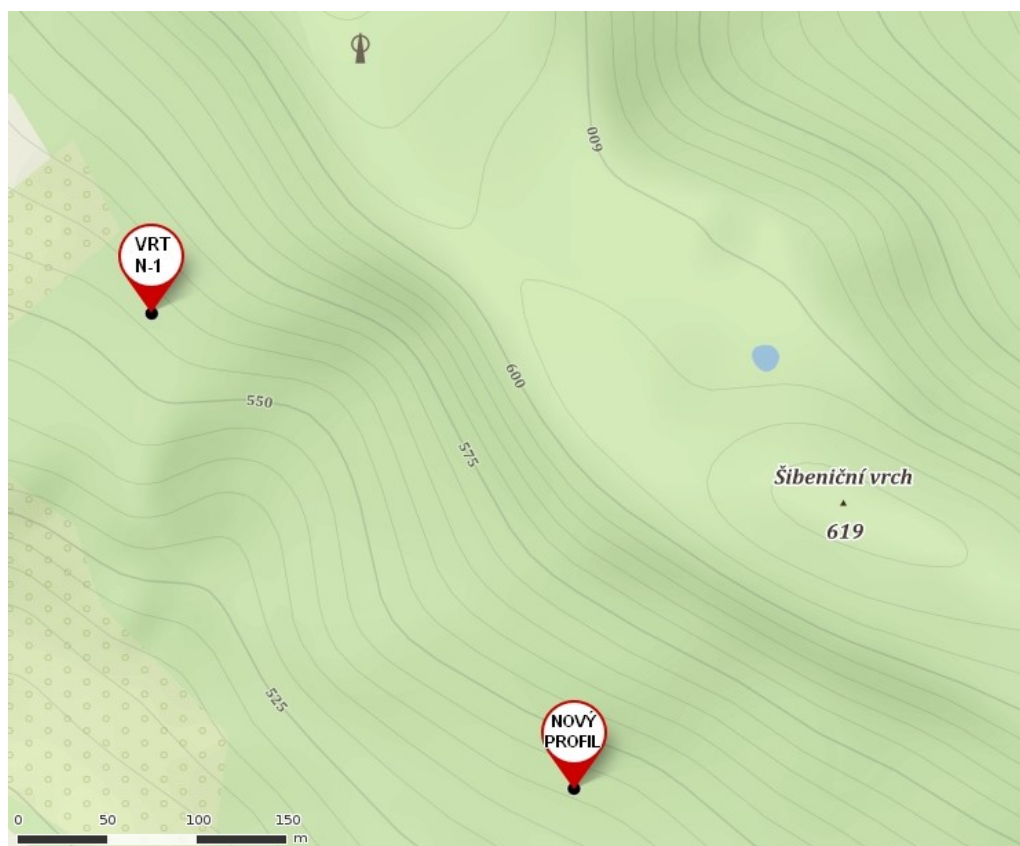
## 4.3. MĚŘENÝ PROFIL

Měřený profil je možné zařadit do přibližně poloviny asi 130 metrů mocných vulkanoklastik na lokalitě Šibeniční vrch u Valče. Prvních 72 metrů bylo již dříve zpracováno na vrtu N-1 Valeč (obrázek 6), tento vrt byl proveden na souřadnicích 50°10'37,524"S, 13°16'2,855"V, v nadmořské výšce 556 m (Rapprich 2010). Ve vrtu N-1 nebyly zachycené valečské vápence, vzhledem k jejich mírnému sklonu (022/09) by však mohly vystupovat jen pár metrů nad nejvyšší polohou vrtu. Existuje však také možnost, že jsou laterálně nestálé.

I díky existenci profilu N-1 je možné předpokládat rozdílnou dobu vzniku lokalit Valeč a Dětaň – nálezy z lokality Valeč mají pod sebou minimálně 70 metrů mocný profil vulkanoklastik, zatímco zbytky savčí fauny z lokality Dětaň pocházejí z bazální vrstvy vulkanického komplexu Doupovských hor. Záměna pravděpodobně pramenila z názoru, že valečský vápenec taktéž pochází ze samotné báze komplexu, či by dokonce mohl být předvulkanický (Bůžek *et al.* 1990). Vrcholek Šibeničního vrchu (619 m n. m.) je překryt bazaltovou lávou druhé vulkanické fáze – můžeme tedy s jistotou prohlásit, že celá mocnost dochovaných vulkanoklastik na lokalitě nepřekračuje již zmíněných 130 m. Toto rozpětí však zdaleka nemusí reprezentovat celý průběh vulkanické aktivity –



v obdobích klidu pravděpodobně docházelo k erozi, přepracování a transportu vulkanoklastických uloženin a v profilu se tak může vyskytovat velký počet hiátů.



Obrázek 6: Pozice vrtu N-1 vůči poloze štoly, kde byl vypracován měřený profil v rámci této bakalářské práce.

Podle profilů vypracovaných na lokalitě Dětaň (obrázek 3) je mocnost vulkanoklastik na lokalitě necelých 40 metrů (Fejfar 1987, podrobnější Mikuláš 2003).

#### 4.3.1. SEDIMENTÁRNÍ FACIE

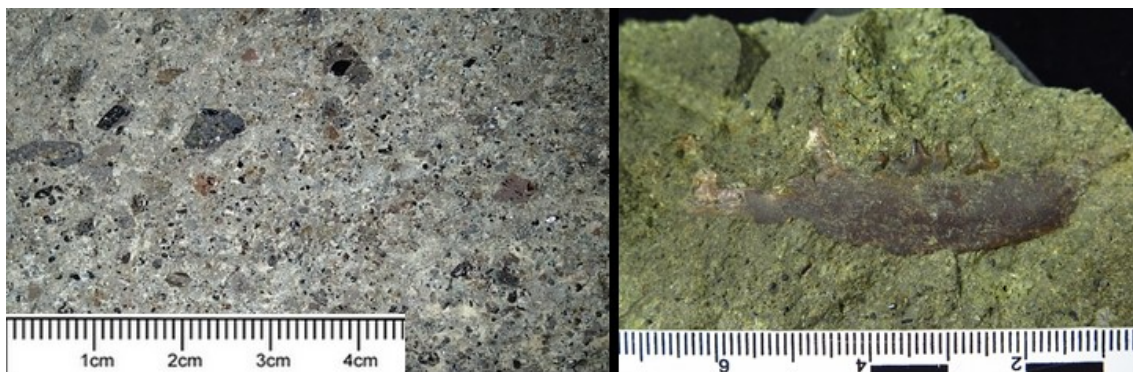
V profilu zhotoveném na lokalitě Šibeniční vrch rozlišujeme celkem 19 horizontálních poloh a 9 sedimentárních facií: masivní lapilovec s písčitou matrix, lapilovec se šikmým zvrstvením, vápence s nerovnou laminací, laminované vápence, limonitizované tufy, mikritický vápenec s tufitickou příměsí, pyroklastické vápence, tuf a lapilovce s jílovitě-písčitou matrix. Facie jsou níže popsány podrobně.

##### 4.3.1.1. MASIVNÍ LAPILOVEC S PÍŠČITOU MATRIX (LM)

Masivní lapilovec šedé barvy s písčitou, střednězrnnou matrix (obrázek 7) tvoří jedinou, 140 cm mocnou vrstvu na samotné bázi

studovaného profilu. Je bohatý na vyrostlice pyroxenu, méně jsou zastoupeny krystaly biotitu a amorfni křemen, makroskopicky je možné rozlišit vyклиňující se enklávy bez vyrostlic. Obsahuje tmavé litoklasty až 10 cm velké, průměrně však v řádu centimetrů. Ze samotné báze této vrstvy byla odebrána čelist blíže nespecifikované šelmy (obrázek 7).

**Interpretace:** Masivní lapilovec může být produktem přímé sopečné napadávky v subaerickém prostředí. Relativně dobré zachování fosilního materiálu vylučuje dlouhý transport.



Obrázek 7: Nalevo masivní lapilovec (foto K. Martínek), napravo Carnivora indet. (foto B. Ekrť)

#### 4.3.1.2. LAPILOVEC SE ŠIKMÝM ZVRSTVENÍM (LSZ)

Na předchozí facii přímo nasedá poloha nahnědlého lapilovce s jemnozrnnou matrix a se šikmým zvrstvením. V hornině jsou zachovány i enklávy šedého tufu. Stejně jako ve facii LM jsou v poloze hojné vyrostlice pyroxenu a litoklasty, velikostně jsou však menší, v případě litoklastů se oproti facii LM jedná až o řádové rozdíly. Krystaly biotitu se zde nevyskytují. Lapilovec je protínán tenkými (do 1 cm) subhorizontálními polohami zuhelnatělých dřev. Mocnost polohy je 65 cm.

**Interpretace:** Šikmé zvrstvení lapilovce vzniklo vodním transportem produktů explozivní vulkanické činnosti. Jednalo se o relativně ustálené trakční proudění. Uhelná slojka má pravděpodobně původ v drobném rašeliništi obsahujícím terestrickou floru.

#### 4.3.1.3. LAPILOVCE S JÍLOVITĚ-PÍŠČITOU MATRIX (LJP)

Šedý lapilovec s jílovito-píščitou matrix odpovídá nejsvrchnějším čtyřem vrstvám profilu. Tak jako v předchozích případech jsou v lapilovcích této facie zastoupeny vyrostlice pyroxenu, v nejvyšší poloze profilu i krystaly biotitu. V jedné z poloh jsou taktéž přítomny litoklasty, ne

však v tak velkých rozměrech jako v předchozích faciích lapilovce. Mohou se objevovat jak polohy s matrix jemnozrnnou, tak i střednězrnnou, směrem do nadloží zrnitost stoupá. Na rozdíl od první polohy lapilovce je matrix jílovitě-písčítá. Lapilovec je masivní, mocnost vrstev je směrem do nadloží 105, 65, 45 a 40 cm.

**Interpretace:** Stejně jako u prvního typu lapilovce se jedná pravděpodobně o produkt explozivní vulkanické aktivity v subaerickém prostředí, hornina nejeví známky vodního transportu.

#### **4.3.1.4. TUF (T)**

Dvacet pět centimetrů mocná poloha šedavého tufu je tvořena převážně jílovitě-prachovou matrix, ve které se nacházejí vyrostlice pyroxenu a zbytky litoklastů do 1 cm. Tuf je masivní. Poloha je první nevápenatá poloha nasedající na sérii jezerních sedimentů.

**Interpretace:** Produkt explozivního vulkanismu vulkanického komplexu Doupovských hor. Nejeví známky vodního transportu ani přepracování, k uložení došlo pravděpodobně v subaerickém prostředí.

#### **4.3.1.5. LIMONITIZOVANÉ TUFY (TL)**

Rezavě hnědý alterovaný tuf většinou s výraznou vápnitou příměsí (pouze u jedné polohy příměs chybí) tvoří celkem čtyři polohy v profilu, kde přerušuje jezerní sedimentaci. Obsahuje vyrostlice pyroxenů (<2 mm). Vrstvy jsou 3 mm – 2 cm mocné.

**Interpretace:** Jedná se pravděpodobně o subaerickou vulkanoklastickou napadávkou. Sedimentace tufu krátkodobě přerušuje jezerní sedimentaci a tím opakovaně značí obnovení vulkanické aktivity v oblasti. Vzhledem k mocnosti vrstev je možná i aktivita z jiného, vzdálenějšího dílčího centra vulkanického komplexu.

#### **4.3.1.6. LAMINOVANÉ VÁPENCE (VL)**

Bělavě okrové střednězrnné vápence charakterizované střídáním velmi tenkých submilimetrových světlejších a tmavších lamin vystupují přibližně ve středu profilu, v hlavní fázi jezerní sedimentace. Mocnost je proměnlivá, směrem do nadloží je 23, 40, 39 cm. V některých polohách je laminace narušena (obrázek 8).

**Interpretace:** Laminace je typická pro klidnou jezerní sedimentaci ze suspenze bez přítomnosti proudů a vlnění. Střídání světlých a tmavých lamin může být způsobeno sezónními změnami. Narušení

laminace je pravděpodobně podmíněno tektonikou oblasti nebo rychlou sedimentací nadložních poloh.



Obrázek 8: Vápenec s narušenou laminací (foto K. Martínek).

#### 4.3.1.7. VÁPENCE S NEROVNOU LAMINACÍ (VLN)

Facii reprezentují dvě polohy střednězrnného vápence s nerovnou laminací, obě náleží k začátkům jezerní sedimentace v profilu. Střídající se tenké laminy se projevují rozdílným světlým či tmavším odstínem okrové. U jedné polohy je zvrstvení narušeno a v její spodní části je možné rozeznat stopy po konvoluci. Mocnosti vrstev jsou 30 a 27 cm.

**Interpretace:** Nerovná laminace vzniká obvykle v klastických sedimentech vlněním vody nebo v proudovém režimu. V případě chemogenních nebo biochemických vápenců se jedná spíše o mikrobiální rohože nebo pozdější deformaci např. zatížením nadložím při rychlé sedimentaci. Přítomnost konvolutní textury v jezerních sedimentech je obecně přičítána tektonickému neklidu, v některých případech může být také způsobena prudkými proudy nebo náhlým zrychlením sedimentace a s tím spojeným narušením hustotního gradientu a úniky vody (Törö & Pratt 2015).

#### 4.3.1.8. MIKRITICKÝ VÁPENEC S TUFITICKOU PŘÍMĚSÍ (VT)

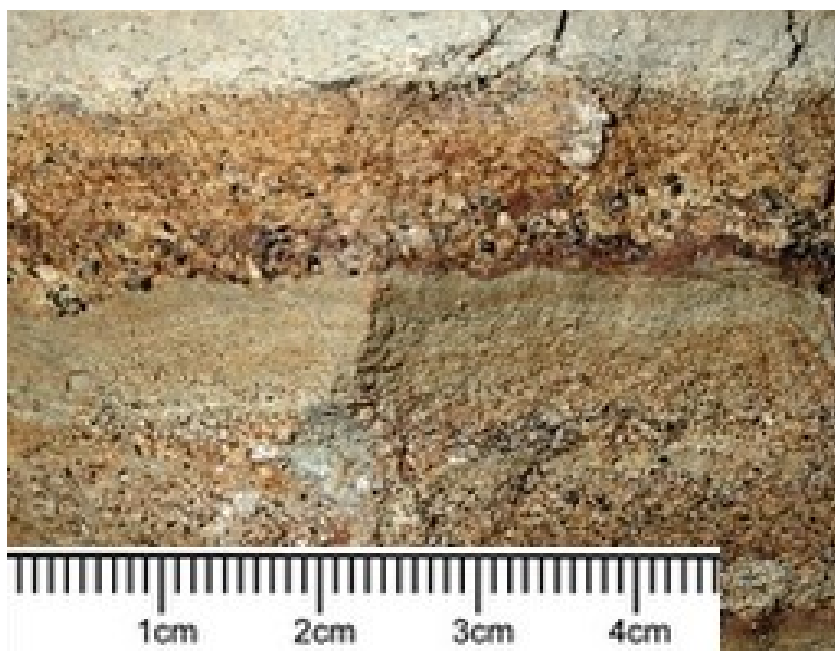
Světle okrový mikritický vápenec s tufitickou příměsí je ve studovaném profilu zastoupen jedinou vrstvou o mocnosti 21 cm a jedná se o předposlední vápencovou vrstvu. Vrstva jeví náznaky laminace. Vulkanický materiál je přítomen mj. napadanými krystaly pyroxenu (do 1 cm).

**Interpretace:** Pouhé náznaky laminace jsou typické pro mělkovodní ukládání stejnorodého, dobře vytříděného a přepracovaného materiálu nebo pro silně bioturbované sedimenty, kde již původní struktury přestávají být rozeznatelné. Obě možnosti jsou zde možné, nicméně vzhledem k prostředí je pravděpodobnější, že došlo ke vzájemnému promíchání vulkanoklastické napadávky s nezpevněnými jezerními sedimenty a následnému společnému uložení.

#### 4.3.1.9. PYROKLASTICKÉ VÁPENCE (VP)

Facie střednězrnných pyroklastických vápenců zakončuje sérii limnických uloženin. Je reprezentována celkem třemi světle okrovými polohami o mocnostech přibližně 40, 10 a 7 cm. První dvě polohy jsou charakteristické narušenou laminací. Bázi nejvyšší polohy (a zároveň poslední polohy vápencové série) značí patrné vtisky do polohy předchozí (obrázek 9) a v samotné poloze je možné rozlišit napadané pyroxeny.

**Interpretace:** Po relativně klidné sedimentaci předchozích poloh zastupují pyroklastické vápence návrat vulkanické aktivity. Vulkanoklastika mohla projít vodním transportem a poté byla uložena jako příměs přirozených jezerních sedimentů. Narušená laminace značí tektonický nebo vulkanický neklid nebo rychlou sedimentaci. Vtiskové stopy značí rychlou sedimentaci těžšího pyroklastického vápence na předchozí polohu vápenců s nezřetelnou laminací.



Obrázek 9: Pyroklastické vápence s vtiskovými stopami na bázi (foto K. Martínek).

#### 4.4. INTERPRETACE

Sedimentární procesy zaznamenané na bázi profilu ukazují, že usazená pyroklastika jsou produkty subaerické sopečné napadávky a tato poloha nejeví žádné známky vodního transportu.

V následujícím průběhu aktivity vulkanického komplexu Doupovských hor však došlo buď k přehrazení existujícího vodního toku vulkanoklastiky nebo k výrazným tektonickým pohybům v jeho okolí. Následně začala vznikat vodní nádrž jejíž sedimenty se nám v profilu uchovaly dodnes. V druhé poloze měřeného profilu, lapilovci se šikmým zvrstvením, je uchována tenká uhelná slojka. Je možné, že původní rašeliniště bylo první fází nově vznikajícího jezera.

První usazené vápence mají dobře vyvinutou nerovnou laminaci typické pro mělkovodní prostředí ovlivňované vlněním nebo mikrobiální aktivitou nebo ranou deformací. Nasedající polohy už mají lépe vyvinutou laminaci svědčící o postupném prohlubování nádrže a/nebo o ustálení sedimentace.

Jezerní sedimenty jsou zastoupeny hlavně vápenci s jemnou submilimetrovou laminací. Na několik desítek centimetrů mocnou vrstvu vždy nasedá několik centimetrů mocná vrstva limonitizovaného tufu, který značí pravidelně se opakující vulkanickou aktivitu přerušující karbonátovou precipitací. Sukcese je ukončena vrstvou pyroklastického vápence. Laminace je často narušena nebo přepracována konvolutním zvrstvením. Struktury zaznamenané v profilu mohou značit, že sedimentace i deformace byly spuštěny seismickou aktivitou. Rychlá sedimentace polohy pyroklastického vápence je doložena vtiskovými stopami na její bázi. Laminace je v hornině charakterizována střídáním několikamilimetrových tmavých a světlých lamin, za předpokladu, že jednotlivé laminy značí sezónnost, by dvoumetrové těleso vápenců reprezentovalo velmi přibližně 1 000 let.



## 5. ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo podat stručný přehled o paleontologických a sedimentologických výzkumech dosud provedených na lokalitě Šibeniční vrch u Valče a poskytnout základní srovnání s okolními významnými lokalitami, zejména lokalitou Dvorce a Dětaň. Lokality byly v minulosti často studovány jako celek, přestože jejich vzájemný vztah nebyl dosud prokázán.

V první, teoretické části práce byla shrnuta regionální geologie oblasti, obecná vulkanologie vulkanického komplexu Doupovské hory, systematický soupis publikovaných nálezů z lokalit Valeč, Dětaň a Dvorce a globální paleoklima se vztahem k době a způsobu vzniku lokality. Dále byly popsány základy limnologie, vzniku hlavních jezerních sedimentárních struktur a efekty vulkanismu na vznik jezerních vápenců.

Druhá část představuje výsledky terénního výzkumu na lokalitě Šibeniční vrch. Podle dat systematicky sesbíraných při výjezdech na lokalitu byl sestrojen měřený profil, bylo vyčleněno 9 sedimentárních facií: masivní lapilovec s písčitou matrix (LM), lapilovec se šikmým zvrstvením (LSZ), lapilovce s jílovitě-písčitou matrix (LJP), tuf (T), limonitizované tufy (TL), vápence s nerovnou laminací (VLN), laminované vápence (VL), mikritický vápenec s tufitickou příměsí (VT) a pyroklastické vápence (VP).

Fosiliferní jsou na lokalitě jak vrstvy lapilovce, tak vrstvy laminovaného jezerního vápence. Nálezy extrahované z šedavých poloh lapilovce bývají dobře zachovalé, nejvíce známky olámaní transportem a kosti stejného jedince se často nacházejí v relativní blízkosti. V některých polohách je možné nalézt výjimečně zachované listy skořicovníků. To je ve shodě se sedimentologickou interpretací, která jí definuje jako subearickou vulkanickou napadávku usazenou bez delšího transportu. Ve světlých vápencích se nám zachovaly zbytky původní jezerní fauny, i zbytky terestrických rostlin a živočichů. K úmrtí živočichů mohlo dojít za přirozených podmínek, nicméně velký vliv měla pravděpodobně i častá vulkanická aktivita. I tyto nálezy jsou výjimečně dobře zachovány, dá se proto předpokládat, že k uložení většiny z nich přispěla zrychlená sedimentace způsobená buď vulkanickou nebo tektonickou aktivitou.

V období nízké aktivity blízkého vulkanického zdroje zodpovědného za tvorbu mocných souvrství masivních lapilovců s klasty cm velikosti se na lokalitě Valeč vytvořilo jezero. Díky alkalickému prostředí a zdroji Ca jsou všechny jezerní sedimenty tvořeny laminovanými vápenci. Ty v sobě citlivě archivují jak pulzy vulkanické aktivity ze vzdálenějších zdrojů, reprezentované cm polohami písčitých tufů, tak pravidelné střídání světlejších a tmavších lamin, zde interpretované jako

odraz sezónních klimatických změn. Asi 2 m mocnou jezerní sukcesí ukončila opět masivní hrubozrnná napadávká z blízkého zdroje.

Na základě srovnání předchozích výzkumů z jednotlivých lokalit a nových poznatků z lokality Valeč vyšlo najevo mnoho odlišností i mezi lokalitami, které se dříve považovaly za blízké. Přestože tak můžeme vznik celého vulkanického komplexu vnímat jako geologicky krátké období, neměli bychom podceňovat rozdílnost ve vývoji jeho jednotlivých částí. Výsledky práce tedy nabízí alternativní interpretaci ve srovnání s předchozími pracemi (například Fejfar 1993, Mikuláš 2008), které lokality považovaly za stejný stratigrafický stupeň, případně pouze za rozdílné facie přibližně stejného stáří.

V rámci omezeného výzkumu v rámci bakalářské práce samozřejmě není možné se problému věnovat komplexně, proto není možné závěry z ní považovat za konečné. Přesný vztah lokalit zůstává nadále nejasný a budou nutné další studie Doupovských hor z pohledu vulkanologického, paleontologického i sedimentárního, aby bylo možné jejich vzájemný vztah určit.



## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- BATHURST, R. G. 1972. *Carbonate sediments and their diagenesis*, Vol. 12. Elsevier.
- BERGGREN, W. A. & PROTHERO, D. R. 1992. Eocene-Oligocene climatic and biotic evolution: an overview, 1-28. In BERGGREN, W. A. & PROTHERO, D. R. *Eocene-Oligocene climatic and biotic evolution*. Princeton University Press.
- BÖHME, M. 2007. Revision of the cyprinids from the Early Oligocene of the České Středohoří Mountains, and the phylogenetic relationships of *Protothymallus* Laube 1901 (Teleostei, Cyprinidae, Gobioninae). *Acta Musei nationalis Pragae, Series B—historia naturalis*, 63, 175-194.
- BURWELL, I. R. 2003. *The responses of diatoms to the influx of tephras into lacustrine environments*. Master thesis, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand.
- BŮŽEK, Č., FEJFAR, O., KONZALOVÁ, M., & KVAČEK, Z. 1990. Floristic changes around Stehlins grande coupure in Central Europe, 167-181. In KNOBLOCH, E. & KVAČEK, Z. (eds) *Proceedings of the Symposium "Paleofloristic and Paleoclimatic changes in the Cretaceous and Tertiary"*, vol. 1989.
- CAJZ, V., RAPPRICH, V. & RADOŇ, M. 2005. Vulkanismus v okraji Doupovských hor - vulkanologická studie paleontologická lokality Dětaň. *Zprávy o geologických výzkumech*, 13-16.
- CHLUPÁČ, I. 2002. *Geologická minulost České republiky*. Academia, Praha.
- COSTA, E., GARCÉS, M., SÁEZ, A., CABRERA, L., & LÓPEZ-BLANCO, M. 2011. The age of the "Grande Coupure" mammal turnover: New constraints from the Eocene–Oligocene record of the Eastern Ebro Basin (NE Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 301(1), 97-107.
- DVOŘÁK, J., & RŮŽIČKA, B. 1972. *Geologická minulost země*. Naklad. Techn. Literatury.
- FEJFAR, O. 1987. A lower Oligocene mammalian fauna from Detan and Dverce NW Bohemia, Czechoslovakia. *International symposium on mammalian biostratigraphy and paleoecology of the European Paleogene Mainz, February 18th–21st 1987*, 253-264.
- FEJFAR, O. 1989. *Zkamenělá minulost*. Albatros.

- FEJFAR, O. & KVAČEK, Z. 1993. Excursion Nr. 3 Tertiary basins in Northwest Bohemia. *Paläontologische Gesellschaft 63. Jahrestagung 21.–26. September 1993 in Prag*. Universita Karlova, Česká geologická společnost, 1–35.
- FEJFAR, O. & STORCH, G. 1994. Das Nagetier von Valeč-Waltsch in Böhmen ein historischer fossiler Säugetierfund (Rodentia, Myoxidae). *Münchner Geowissenschaftliche Abhandlungen*, Vol. 26.
- FEJFAR, O. & KAISER, T. M. 2005. Insect bone-modification and paleoecology of Oligocene mammal-bearing sites in the Doupov Mountains, northwestern Bohemia. *Palaeontologia Electronica*, Vol. 8, Issue 1.
- FEJFAR, O. 2008. Hlodavec z Valče. *Planetárium č. 17/2008* (26. duben 2008).
- FEJFAR O. 2011. Nález fosilních savců IV. Fauna sopečné oblasti Doupovských hor. *Živa 4*, 188-192, Praha.
- FEJFAR, O. 2016. Fosilní fauna, 63-76. In MATĚJŮ, J., HRADECKÝ, P. & MELICHAR, V. (eds) *Doupovské hory*. Česká geologická služba & Muzeum Karlovy Vary, Praha.
- HARDARDÓTTIR, J., GEIRSDÓTTIR, Á., & THÓRDARSON, T. 2009. Tephra layers in a sediment core from Lake Hestvatn, Southern Iceland: Implications for evaluating sedimentation processes and environmental impacts on a lacustrine system caused by tephra fall deposits in the surrounding watershed. *Volcanogenic Sedimentation in Lacustrine Settings, International Association of Sedimentologists Special Publication*, 30, 223-246.
- HRADECKÝ, P. 1996. Lahary v Doupovských horách. *Zpr. geol. Výzk. v Roce*, 1996, 53-55.
- HRADECKÝ, P. 2009. Vulkanoklastické uloženiny ve Valči, jižní svahy Doupovských hor. *Zprávy o geologických výzkumech*, 2008, 21-24.
- HRADECKÝ, P. 2012. Obecná charakteristika území mapového listu, 7-9. In HRADECKÝ, P. (ed.) *Vysvětlivky k základní geologické mapě České republiky 1 : 25 000: 11-242 VALEČ*. Česká geologická služba.
- HRADECKÝ, P. 2012. Regionálně geologický přehled, 10-13. In HRADECKÝ, P. (ed.) *Vysvětlivky k základní geologické mapě České republiky 1 : 25 000: 11-242 VALEČ*. Česká geologická služba.

HRADECKÝ, P., MLČOCH, B., ŽÁČEK, V., LOJKA, R., ŠEBESTA, J., BURIÁNEK, D. 2012. Geologická a petrologická charakteristika jednotek, 20-51. In HRADECKÝ, P. (ed.) *Vysvětlivky k základní geologické mapě České republiky 1 : 25 000: 11-242 VALEČ. Česká geologická služba.*

HRADECKÝ, P. *et al.* 2016. Geologie, 15-17. In MATĚJŮ, J., HRADECKÝ, P. & MELICHAR, V. (eds) *Doupovské hory. Česká geologická služba & Muzeum Karlovy Vary, Praha.*

HRADECKÝ, P., RAPPRICH, V. 2016. Vulkanity – hlavní geologický celek Doupovských hor, 22-49. In MATĚJŮ, J., HRADECKÝ, P. & MELICHAR, V. (eds) *Doupovské hory. Česká geologická služba & Muzeum Karlovy Vary, Praha.*

IVANY, L. C., PATTERSON, W. P., & LOHMANN, K. C. 2000. Cooler winters as a possible cause of mass extinctions at the Eocene/Oligocene boundary. *Nature*, 407(6806), 887.

JAROŠ J. & VACHL J. 1973. *Strukturní geologie obecná a systematická 1.* Státní pedagogické nakladatelství, Praha.

KLIKA, B. 1892. Měkkýši třetihorních usazenin sladkovodních v severozápadních Čechách. *Archiv pro přírodovědecký výzkum Čech*, VII. díl, čís. 4., 1-116.

KVAČEK, Z., TEODORIDIS, V., MACH, K., PŘIKRYL, T., & DVOŘÁK, Z. 2014. Tracing the Eocene-Oligocene transition: a case study from North Bohemia. *Bulletin of Geosciences*, 89.1.

KVAČEK, Z. & SAKALA, J. 2016. Fossilní flóra, 76-84. In MATĚJŮ, J., HRADECKÝ, P. & MELICHAR, V. (eds) *Doupovské hory. Česká geologická služba & Muzeum Karlovy Vary, Praha.*

LOTTER, A. F., BIRKS, H. J. B., & ZOLITSCHKA, B. 1995. Late-glacial pollen and diatom changes in response to two different environmental perturbations: volcanic eruption and Younger Dryas cooling. *Journal of Paleolimnology*, 14(1), 23-47.

MIKULÁŠ, R. 1998. Fossilní doupata blanokřídlého hmyzu z fosilních půd na bazaltových tufech a tufitech z lokality Dětaň (oligocén Doupovských hor). *Zprávy o geologických výzkumech v R. 1997*, 97-99.

MIKULÁŠ, R., FEJFAR, O., ULRYCH, J., ŽIGOVÁ, A., KADLECOVÁ, E. & CAJZ, V. 2003. A Study of the Dětaň Locality (Oligocene, Doupovské hory Mts. Volcanic Complex,

Czech Republic): Collection of Field Data and Starting Points for Interpretation. *Geolines* 15, 91-97.

MIKULÁŠ, R. 2004. Ichnofabrics of Oligocene silcretes at Kryry and Detan, Western Bohemia, Czech Republic. *Journal of Czech Geological Society* 47/3-4, 157-160.

MIKULÁŠ, R. 2008. 21. exkurze: *Doupovské hory*. Česká geologická společnost, Praha.

MIKULÁŠ, R. 2016. Včelí hnízda pohřbená sopečným popelem, 68-69. In MATĚJŮ, J., HRADECKÝ, P. & MELICHAR, V. (eds) *Doupovské hory*. Česká geologická služba & Muzeum Karlovy Vary, Praha.

MLČOCH, B. 2016. Nejstarší horniny v podloží vulkanitů, 17-19. In MATĚJŮ, J., HRADECKÝ, P. & MELICHAR, V. (eds) *Doupovské hory*. Česká geologická služba & Muzeum Karlovy Vary, Praha.

MYLIUS, G. F. 1718. *Memorabilia Saxoniae Subterraneae Pars II.*, i.e. Unterirdischen Sachsens Seltsamer Wunder der Natur (Anderer Theil), Friedrich Groschussen, Leipzig.

LEAR, C. H., BAILEY, T. R., PEARSON, P. N., COXALL, H. K., & ROSENTHAL, Y. 2008. Cooling and ice growth across the Eocene-Oligocene transition. *Geology*, 36(3), 251-254.

PEARSON, P. N., MCMILLAN, I. K., WADE, B. S., JONES, T. D., COXALL, H. K., BOWN, P. R., & LEAR, C. H. 2008. Extinction and environmental change across the Eocene-Oligocene boundary in Tanzania. *Geology*, 36(2), 179-182.

PETRÁNEK, J. 1963. Usazené horniny a jejich složení, vznik a ložiska. *Nakladatelství Československé akademie věd*.

PETRÁNEK, J. & CHÁB, J. 2016. *Encyklopedie geologie*. Česká geologická služba.

PLINT, A. G. 2009. *Sedimentary Facies Analysis*, Vol. 41. John Wiley & Sons.

PRAKASH, U., BŘEZINOVÁ, D. & BŮŽEK, Č. 1971. Fossil woods from the Doupovské hory and České středohoří Mountains in Northern Bohemia. *Palaeontographica*, B 133, 103-128.

PROCHÁZKA, M. & ŠPINAR, Z. V. 1952. Zpráva o stratigraficko-paleontologickém výzkumu českého sladkovodního terciéru. *Věst. Ústř. Úst. geol.*, 27, 231-233.

- PROTHERO, D. R. 1994. *The Eocene-Oligocene transition: paradise lost*. Columbia University Press.
- RAPPRICH, V. 2011. Vrt N-1 Valec: sonda do počátku vývoje doupovského vulkanického komplexu. *Zprávy o geologických výzkumech*, 2010: 41-45.
- REEVES, C. C. 2014. *Introduction to paleolimnology*, Vol. 11. Elsevier.
- RIGGS, N. R., ORT, M. H., WHITE, J. D. L., WILSON, C. J. N., & CLARKSON, R. 2009. Post-1.8-ka marginal sedimentation in Lake Taupo, New Zealand: effects of wave energy and sediment supply in a rapidly rising lake. *Volcanogenic Sedimentation in Lacustrine Settings, International Association of Sedimentologists Special Publication*, 30, 151-177.
- SHACKLETON, N. J. 1986. Paleogene stable isotope events. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 57(1), 91-102.
- SIGURDSSON, H., HOUGHTON, B., MCNUTT, S., RYMER, H., & STIX, J. 2015. *The encyclopedia of volcanoes*. Elsevier.
- SKÁCELOVÁ, Z. 2012. Geofyzikální poměry, 60-70. In HRADECKÝ, P. (ed.) *Vysvětlivky k základní geologické mapě České republiky 1 : 25 000: 11-242 VALEČ*. Česká geologická služba.
- SMITH, R. C. 1991. Post-eruption sedimentation on the margin of a caldera lake, Taupo Volcanic Centre, New Zealand. *Sedimentary geology*, 74(1-4), 89-138.
- SOUTHARD, J. 2007. *Sedimentary Geology* (Lecture notes), <http://bit.ly/2fB9TFR>
- SVEJKOVSKÝ, J. 2009. *Geologie Podbořanska*. Bílinská přírodovědecká společnost o.s., Praha.
- ŠVEHLÁKOVÁ, H., NOVÁKOVÁ, J., MELČÁKOVÁ, I. 2006. *Ekologické aspekty technické hydrobiologie*, <http://bit.ly/2vx7aB9>
- TEODORIDIS, V. & KVAČEK, Z. 2015. Palaeoenvironmental evaluation of Cainozoic plant assemblages from the Bohemian Massif (Czech Republic) and adjacent Germany. *Bulletin of Geosciences*, 90.3.
- TÖRÖ, B., & PRATT, B. R. 2015. Eocene paleoseismic record of the Green River Formation, Fossil Basin, Wyoming, USA: implications of synsedimentary deformation structures in lacustrine carbonate mudstones. *Journal of Sedimentary Research*, 85(8), 855-884.

WANG, P., CHEN, J., DAI, F., LONG, W., XU, C., SUN, J., & CUI, Z. 2014. Chronology of relict lake deposits around the Suwalong paleolandslide in the upper Jinsha River, SE Tibetan Plateau: Implications to Holocene tectonic perturbations. *Geomorphology*, 217, 193-203.

WHITE, J. D. L., & RIGGS, N. R. 2001. Introduction: Styles and significance of lacustrine volcanoclastic sedimentation. *Volcanoclastic Sedimentation in Lacustrine Settings, International Association of Sedimentologists Special Publication*, 30, 1-6.

ZARTNER, R. W. 1938. *Geologie des Duppauer Gebirges: Nördliche Hälfte. I.* Deutsche Gesellschaft der Wissenschaften und Künste, Praha.

Další zdroje:

Mapy.cz: <https://mapy.cz/s/1QXhQ>

## **PŘÍLOHY**